

Kartendarstellungen mit matplotlib Toolkit basemap

Simon von Hall

24. November 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	3
2	Kartendarstellungen	3
2.1	Azimuthale äquidistante Projektion	3
2.2	Gnomonische Projektion	4
2.3	Orthographische Projektion	4
2.4	Geostationary Projection	4
2.5	Near-Sided perspektivische Projektion	4
2.6	Mollweide Projection	4
2.7	Hammer Projektion	4
2.8	Robinson Projektion	5
2.9	Eckert 4 Projektion	5
2.10	Kavrayskiy 7 Projektion	5
2.11	McBryde-Thomas Projektion	5
2.12	Sinusoidale Projektion	6
2.13	Äquidistante Zylinder Projektion	6
2.14	Cassini Projektion	6
2.15	Mercatorprojektion	6
2.16	Transversale Mercatorprojektion	7
2.17	Oblique Mercator Projection	7
2.18	Polykonische Projektion	7
2.19	Miller Zylinderprojektion	7
2.20	Stereographische Gall Projektion	7
2.21	Flächentreue Zylinderprojektion	7
2.22	Lambert Winkeltreue Projektion	7
2.23	Lambert Azimuthal Equal Area Projection	8
2.24	Stereographic Projection	8
2.25	Equidistant Conic Projection	8
2.26	Albers Equal Area Projection	8
2.27	Polar Stereographic Projection	8
2.28	Polar Lambert Azimuthal Projection	8
2.29	Polar Azimuthal Equidistant Projection	8
2.30	van der Grinten Projection	8
3	Basemap	9
3.1	Einführung	9
3.2	Dependencies	9

1 Motivation

2 Kartendarstellungen

2.1 Azimuthale äquidistante Projektion

Bei dieser Projektion ist die kürzeste Entfernung vom Mittelpunkt der Karte zu einem beliebigen Anderen Punkt eine gerade Linie. Das bedeutet das alle Punkte die in auf einem Kreis um den Kartenmittelpunkt liegen, äquidistant sind. Nachteil:

Die Gebiete die auf der anderen Seite der Welt liegen werden sehr verzerrt dargestellt. Daher ist diese Projektion für Weltkarten eher ungeeignet.

2.2 Gnomonische Projektion

In der gnomonischen Projektion werden alle Längskreise als gerade Linien dargestellt. Das Besondere der gnomonischen Projektion ist, dass der Projektionspunkt im Mittelpunkt der Erde liegt. Da hier von Innen nach Außen projiziert wird, nimmt die Verzerrung mit der Entfernung vom Kartenmittelpunkt zu. Die gnomonische Projektion ist keine globale Projektion.

2.3 Orthographische Projektion

Bei der orthographischen Projektion wird die Erde aus einer unendlichen Entfernung abgebildet. Die Verzerrung ist an den Grenzen nicht übermäßig stark. Die orthographische Projektion ist keine globale Projektion. Durch die große Entfernung wirkt die Projektion dreidimensional.

2.4 Geostationary Projection

In der geostationären Projektion wird die Erde aus der Perspektive eines geostationären Satelliten. Vorteil:

- Wenn die Position des Satelliten bekannt ist, kann man dessen Bilder als Hintergrund verwenden (siehe ??)

Nachteil:

- Die andere Seite der Erde wird nicht dargestellt.
- Entfernungen zwischen 2 Punkten werden auf Kreisbögen gemessen.

2.5 Near-Sided perspektivische Projektion

Die Near Sided Perspective zeigt die Erde aus der Sicht eines Satelliten. Also ist es im Prinzip das selbe wie die geostationäre Projektion.

2.6 Mollweide Projection

Bei der Mollweiden Projektion wird die Erde als Oval dargestellt. Die Mollweiden Projektion ist flächentreu. Der Äquator und der Nullmeridian werden bei der Mollweiden Projektion maßstabsgetreu wieder gegeben. Breitenkreise werden bei der Mollweiden Projektion als Geraden dargestellt. Die Längskreise sind als Ellipsen dargestellt.

2.7 Hammer Projektion

Die Hammer Projektion ist wie die Mollweiden Projektion eine flächentreue Projektion. Bei der Hammer Projektion wird die Erde ebenfalls als Oval dargestellt. Allerdings werden die Breitenkreise im Gegensatz zur Mollweiden Projektion als Ellipsen dargestellt, dadurch ist die Verzerrung an den Rändern nicht so stark. Nachteil bei dieser Art der Darstellung ist, dass die Erde an den Polen gestaucht wird.

2.8 Robinson Projektion

Die Robinson Projektion ist eine globale Projektion. Die Erde wird hier annähernd Oval dargestellt. Die Pole werden allerdings in dieser Darstellung nicht abgedeckt. Breitenkreise werden in der Robinson Projektion als Geraden dargestellt. Bei dieser Darstellung wurden die Verzerrungen reduziert. Nachteil der Robinson Projektion ist das die Pole nicht erfasst werden.

2.9 Eckert 4 Projektion

Die Eckert 4 Projektion ist sehr ähnlich wie die Robinson Projektion, allerdings ist Sie flächentreu. Deshalb ist die Darstellung an den Polen gestaucht. Die Erde wird wie auf einem Reifen dargestellt. Die Seitenränder sind in dieser Projektion Halbkreise.

Formel:

$$\begin{aligned}\mathcal{X} &= \frac{2}{\sqrt{4\pi + \pi^2}} \mathcal{R}(\lambda - \lambda_0^1)(1 + \cos \theta) \\ \mathcal{Y} &= 2\sqrt{\frac{\pi}{4 + \pi}} \mathcal{R} \sin \theta \\ \theta + \sin \theta \cos \theta + 2 \sin \theta &= \left(2 + \frac{\pi}{2}\right) \sin \varphi\end{aligned}$$

2.10 Kavrayskiy 7 Projektion

Die Kavrayskiy 7 Projektion ist der Robinson Projektion sehr ähnlich. Sie stellt die Erde wieder annähernd oval dar. Die Breitenkreise werden in dieser Projektion als Geraden dargestellt. Diese Projektion stellt einen Kompromiss zwischen winkeltreuen und flächentreuen Projektionen dar. Die Pole sind in dieser Darstellung sehr breit gezogen.

Formel:

$$\mathcal{X} = \frac{3\lambda}{2\pi\sqrt{\frac{\pi^2}{3} - \varphi^2}} \quad (1)$$

$$\mathcal{Y} = \varphi \quad (2)$$

2.11 McBryde-Thomas Projektion

Diese Projektion ist eine flächentreue Darstellung der Erde. Die Breitenkreise werden als Geraden dargestellt. Die Längengrade werden als Bögen dargestellt. Dabei haben die Längengrade, auf einem Breitenkreis, immer den gleichen Abstand zueinander. Die Breitenkreise hingegen stehen immer näher je näher man den Polen kommt. Die Pole sind auf ein Drittel des Äquators gestreckt. Der Nullmeridian ist in dieser Projektion 0,45 mal so lang wie der Äquator.

2.12 Sinusoidale Projektion

Die sinusoidale Projektion ist eine flächentreue Projektion. Auch in dieser Projektion werden die Breitenkreise als Geraden dargestellt. Das besondere an der sinusoidalen Projektion ist das die Länge der Breitenkreise relational zu $\cos \varphi$ ist, dies führt zu einer starken Verzerrung außerhalb der Mitte.

Vorteil der sinusoidalen Projektion:

- Die Projektion ist einfach zu berechnen.

Nachteil der sinusoidalen Projektion:

- Die Projektion ist nicht sehr anschaulich.

Formel:

$$\mathcal{X} = \mathcal{R} \cdot (\lambda - \lambda_r) \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

$$\mathcal{Y} = \mathcal{R} \cdot \varphi \quad (4)$$

2.13 Äquidistante Zylinder Projektion

Die äquidistante Zylinder Projektion ist die einfachste Projektion. Sie stellt die Erde einfach in Längen- und Breitengrad dar. Dabei entsteht ein gleichmäßiges Gitterraster. Die Projektion ist weder winkel- noch flächentreu, das heißt, dass die Verzerrung mit der Entfernung vom Mittelpunkt der Karte zunimmt.

Vorteil der äquidistanten Zylinder Projektion:

- Die Projektion ist sehr einfach zu berechnen.

Nachteil der äquidistanten Zylinder Projektion:

- Die Verzerrungen wirken sowohl auf die Fläche als auch auf die Abstände aus.

Formel:

$$\mathcal{X} = \lambda \quad (5)$$

$$\mathcal{Y} = \varphi \quad (6)$$

2.14 Cassini Projektion

Bei der Cassini Projektion wird die Erde zuerst gedreht, sodass der Äquator zum Nullmeridian wird. Danach wird dann eine äquidistante Zylinder Projektion angewendet.

2.15 Mercatorprojektion

Die Mercatorprojektion ist eine winkeltreue Zylinderprojektion. Sie erreicht dabei nie Pole. Die Längengrade verlaufen in dieser Projektion parallel und haben den gleichen Abstand zueinander. Die Breitengrade sind ebenfalls parallel zueinander haben aber unterschiedliche Abstände. Die Verzerrung nimmt mit Polnähe zu, das heißt, dass die Karte zu den Polen hin gestreckt wird.

2.16 Transversale Mercatorprojektion

Bei der transversalen Mercatorprojektion wird der Globus zuerst um 90° gedreht, so dass der 0 Meridian zu Äquator wird. Danach wird eine normale Mercatorprojektion erstellt.

2.17 Oblique Mercator Projection

2.18 Polykonische Projektion

Die polykonische Projektion ist eine globale Projektion. Hierbei werden auf dem zentralen Meridian unendlich viele Kegel aufgebaut. Dabei entstehen nicht konzentrische Breitenkreise. Die Projektion geht an den Polen auseinander. Die Verzerrung der Fläche nimmt mit der Entfernung vom zentralen Meridian der Karte zu. Die Winkel sind lokal entlang des zentralen Längengrades genau, sonst sind sie verzerrt.

2.19 Miller Zylinderprojektion

Die Miller Zylinderprojektion ist eine globale Projektion. Sie ist der Mercatorprojektion sehr ähnlich. Allerdings ist hier die Verzerrung an den Polen anders. Die Pole werden nicht mehr so stark gestreckt, dafür ist die Miller-Projektion nicht winkeltreu. Dafür reicht die Miller Zylinderprojektion bis an die Pole.

2.20 Stereographische Gall Projektion

Die stereographische Gall Projektion ist eine globale Zylinderprojektion. Die Gall Projektion hat zwei Standartparallelen bei 45°N und 45°S . Die Verzerrung der Fläche und Winkel nimmt mit Abstand zu den Standartparallelen zu. Die Verzerrung ist allgemein an den Polen sehr stark.

2.21 Flächentreue Zylinderprojektion

Die flächentreue Zylinderprojektion ist eine flächentreue Zylinderprojektion wie es der Name bereits sagt.

2.22 Lambert Winkeltreue Projektion

Die winkeltreue Lambert Projektion ist winkeltreu. Die Längengrade werden als Geraden dargestellt. Die winkeltreue Lambert Projektion ist eine Kegelprojektion.

Formel:

$$\begin{aligned}
\mathcal{X} &= \rho \sin(n(\lambda - \lambda_0)) \\
\mathcal{Y} &= \rho_0 - \rho \cos(n(\lambda - \lambda_0)) \\
\rho &= F \cot^n\left(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi\right) \\
n &= \frac{\ln(\cos \varphi_1 \sec \varphi_2)}{\ln(\tan(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi_2) \cot(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi_1))} \\
F &= \frac{\cos \varphi_1 \tan^n(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi_1)}{n}
\end{aligned}$$

2.23 Lambert Azimuthal Equal Area Projection

2.24 Stereographic Projection

2.25 Equidistant Conic Projection

2.26 Albers Equal Area Projection

2.27 Polar Stereographic Projection

2.28 Polar Lambert Azimuthal Projection

2.29 Polar Azimuthal Equidistant Projection

2.30 van der Grinten Projection

3 Basemap

3.1 Einführung

Das Toolkit Basemap ist ein Pythonmodul zur bearbeitung von Karten. Es bietet viele verschiedene Arten Karten in 2D darzustellen (siehe Projektionen ??) Es ermöglicht einem auch das Ploten auf den Karten. Hierbei kann man, dann auch Längen- und Breitengrad als Positionsangabe nutzen. Das Basemap Toolkit wandelt die Koordinaten dann mit der PROJ4 Library in die entsprechenden 2D Koordinaten um.

3.2 Abhängigkeiten von basemap

Das Toolkit setzt folgende Voraussetzungen:

- Python
- Numpy
- Matplotlib
- GEOSlib (ist im Projekt enthalten)
- PROJ4 (ist im Projekt enthalten)
- dateutil
- pyparsing
- six
- libpng
- PIL (ist optional)
PIL wird nur gebraucht um auf mehr Bildformate zugreifen zu können.

Literatur

<http://matplotlib.org/basemap> Basemap Dokumentation.

Nomenklatur

\mathcal{R}

Der Radius der Erde.

φ

Der Breitengrad der Polarkoordinate.

λ

Der Längengrad der Polarkoordinate.

\mathcal{X}

Die X Koordinate der 2D Projektion.

\mathcal{Y}

Die Y Koordinate der 2D Projektion.

Glossar

Flächentreu

Flächentreu heißt, dass der Maßstab mit dem Flächen verkleinert werden auf der gesamten Karte gleich ist. Dies führt an den Rändern zu Verzerrungen.